

N.Ueda, S.Arai, T.Nakanishi, N.Tokuda, M.Takanaka

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

and

T.Hori

Sumitomo Heavy Industries, Co. Ltd.

ABSTRACT

Measurement of rf characteristics has been made on a model cavity with four modulated vanes. The resonant frequencies and field distribution agree well with those obtained by a computer code SUPERFISH. On the basis of the results a cavity has been designed for an RFQ linac which accelerates heavy ions of 5 keV/u with charge to mass ratio  $1 \sim 1/7$  up to 138 keV/u.

## § 1. はじめに

東大核研において現在、電荷質量比  $\epsilon = 1 \sim 1/7$  の重イオンを 5 keV/u から 138 keV/u に加速する RFQ ライナック<sup>1), 2)</sup> の建設がすすめられている。このライナック建設の目的は RFQ を低速領域で重イオン加速に用いる際の諸々の技術的課題の開発にある。ビームダイナミクス, rf power system, イオン源, ビームトランスポート, 加速前後の beam quality の測定などの課題について併行して開発が行われているが、ここでは加速空洞について報告する。昨年の本研究会において我々の最初の試験空洞 "COLD MODEL-1" において測定された four vane type cavity の高周波特性が報告された。<sup>3)</sup> その後、modulation 型の vane をもつ test cavity "COLD MODEL-2" が製作され、諸々の高周波測定を行なった。この結果と、これにもとづいて設計された加速空洞について報告する。

## § 2. COLD MODEL-2 の高周波特性

今回製作した COLD MODEL-2 においては、タンク内径 258 mm, vane 長さ 960 mm である。ビーム軸近くの電場分布を測定して理論値と比較するため vane は実際の加速用のものの数倍の大きさの aperture と modulation 波長をもっている。平均 aperture 半径は 14.1 mm, modulation は 2 で、波長は一定値 60 mm をもつ。また、この modulation 型 vane の 4 回対称部と同じ断面形をもつ modulation 型の straight vane が製作され相互に比較されるようにした。vane 先端部は NC 工作機械によって加工され工作精度は  $70 \mu$  以内、表面粗さは  $1 \mu$  以下である。また vane の組立て精度は  $100 \mu$  以内である。Figs. 1, 2 参照。

straight vane の場合の TE<sub>210</sub> モードの共振周波数は 296.2 MHz で computer code SUPERFISH による計算値 296.8 MHz とよく一致した。

modulation による vane の場合の共振周波数は  $293.5 \text{ MHz}$  であった。TE<sub>210</sub> モードにもっとも近い共振周波数をもつ TE<sub>110</sub> モードとの差は  $2 \text{ MHz}$  以上あり分離は容易である。Q 値は 3400 で 完全なコンタクト、表面仕上げを促進し、測定用の多くの孔による損失増加を無視した計算値の 44% にあたる。4 つの chamber の磁場強度を金属ブロックを用いた perturbation method で測定した。調整前には 4 つの chamber の非対称性は  $\pm 25\%$  であったが、両端の 8 個のエンド・チューナーの調整により、非対称性、軸方向の非平坦性を  $\pm 2\%$  以下におさえることができた (Fig. 3)。rf power は 4 つの chamber から loop coupling によって供給されていて、coupling を 50  $\Omega$  のフィード系に完全にマッチさせた場合、weak coupling で得た対称性はくずれるが、エンド・チューナーのわずかの再調整によって対称性、平坦性を保つことができた。

軸付近の電場分布は直径 6 mm のアルミ球を用いて perturbation method で測定した。中心付近の電場分布と周辺部の磁場分布はよく対応が付き、電場測定の実際の加速 vane については周辺の磁場測定を行うことにより対称性、平坦性が得られることがわかった。軸上の電場分布、beam aperture 内の quadrupole field は実測値と理論値がよく一致した (Figs. 4, 5)。軸上の電場測定の際の周波数変化  $\Delta f$  は約  $2 \text{ kHz}$  とさくめて小さいので、測定は計算機制御で行ない多くのデータから最小 2 乗法でもとめた。このときの測定精度は  $300 \text{ Hz}$  程度であった。

### § 3. 加速空洞

建設中の RF 直线加速器の加速空洞の概念図を Fig. 6 に示す。運転周波数は  $100 \text{ MHz}$  である。ビームダイナミックスの検討から平均 aperture 半径は入口側にもうけてある radial matching section 以外では  $4.1 \text{ mm}$  の一定値とし、modulation は 1 から 2.2 まで変化させた。最小 aperture 半径は modulation が大きくなるにしたがって小さくなり最終部では  $2.5 \text{ mm}$  である。vane 長さは  $1.22 \text{ m}$  で  $5 \text{ keV/u}$  で入射された粒子は  $138 \text{ keV/u}$  まで加速される。タンク内径は SUPERFISH で計算し  $560 \text{ mm}$  とした。

Fig. 7 に SUPERFISH によって得られた電気力線のパターンを示す。vane 材質は無酸素銅、タンクは軟鋼で製作して高周波面に銅メッキをほどこす。 $E = 1/7$  の粒子に対しては、vane 間電圧は  $62 \text{ kV}$  で、この時の最大電場は  $20.5 \text{ kV/mm}$  となり、いわゆる Kilpatrick's criterion の 1.8 倍である。この時の rf 電力は  $25 \text{ kW (CW)}$  である。

### References

- 1) I.M. Kapchinskii and V.A. Teplyakov, Prib. Tekh. Eksp. No. 2, 19, 1970.
- 2) R.H. Stokes et al., IEEE Trans. on Nucl. Sci., vol. NS-26, No. 3, 1979
- 3) 中西 哲世 et al., 第 5 回リニアック研究会報文集, 筑波, 1980.

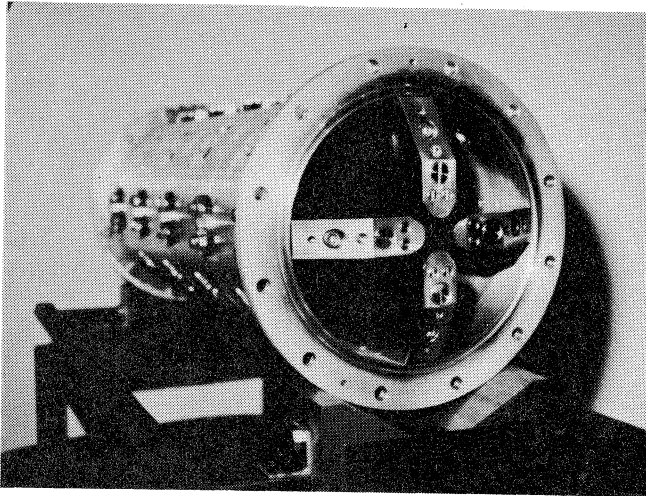


Fig.1. RFQ cavity with modulated vanes.

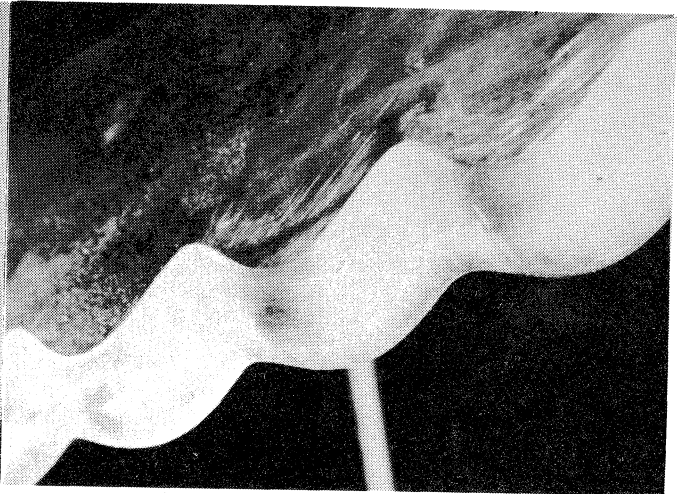


Fig.2. Modulated vane.

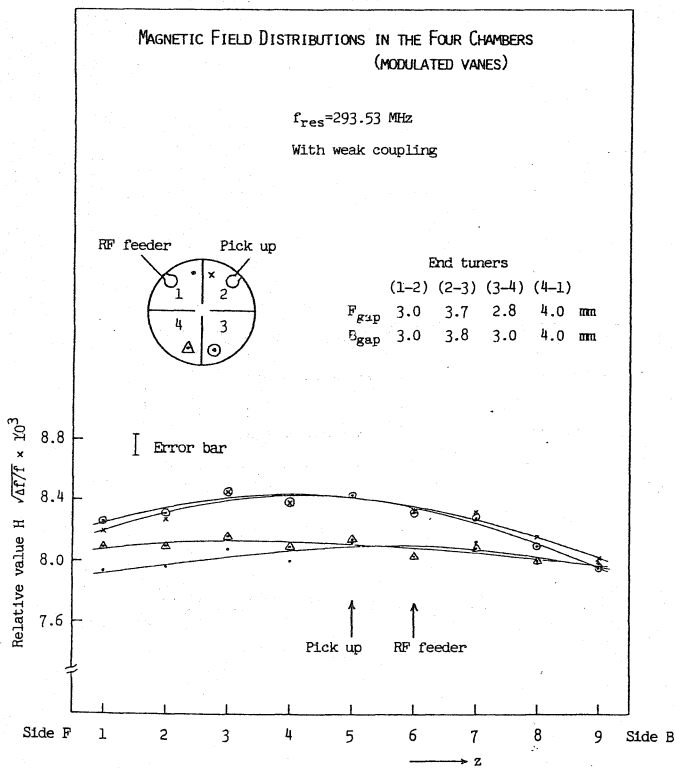


Fig.3. Magnetic field distribution in the four chamber for modulated vane.

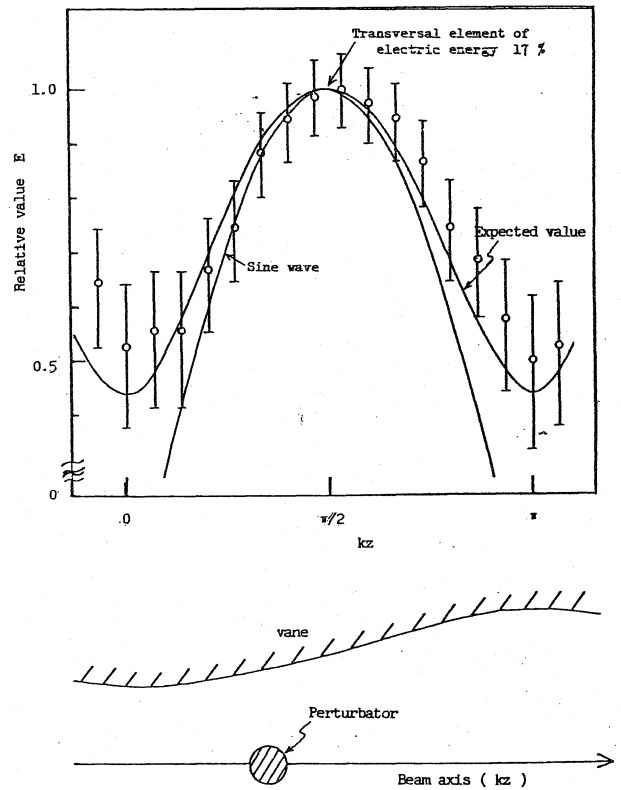


Fig.4. Electric field distribution on the axis for modulated vane.

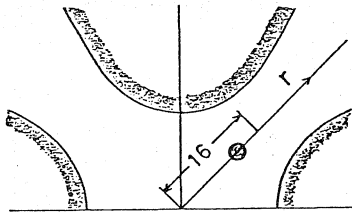
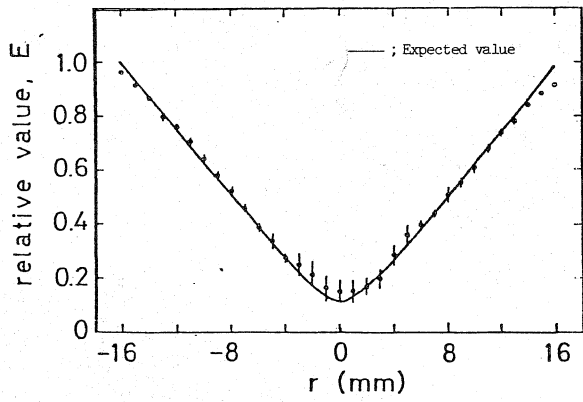


Fig.5. Electric field measured along radius.

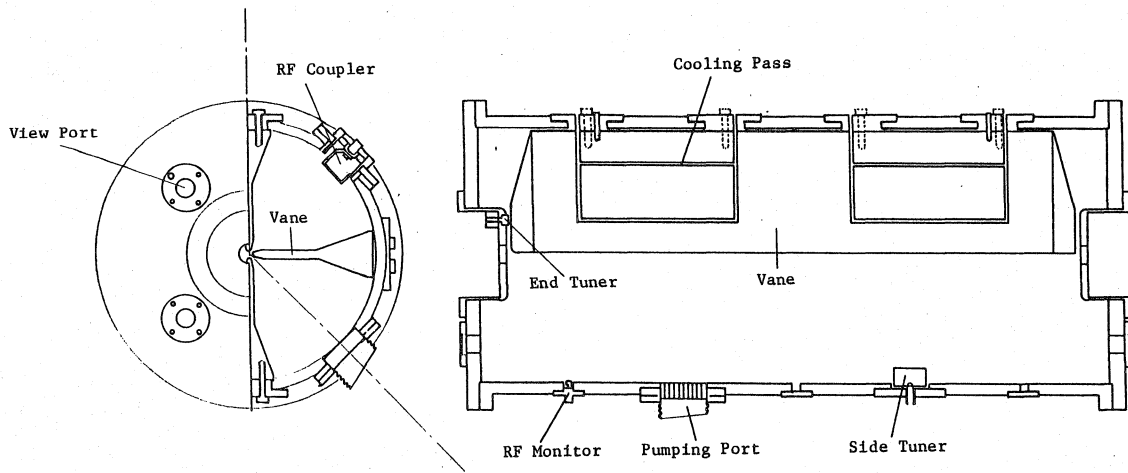


Fig.6. Schematic drawing of a cavity for an RFQ linac for heavy ion acceleration.

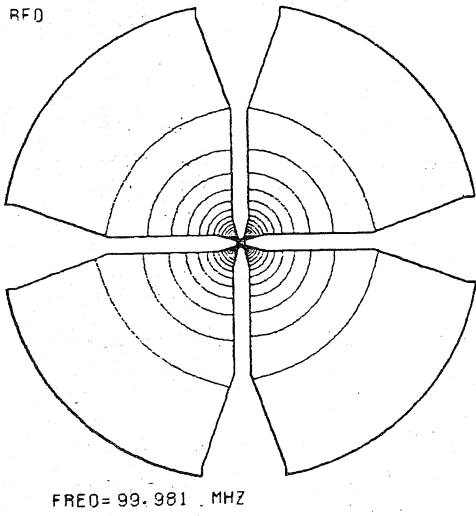


Fig.7. Lines of electric force in a cavity for an RFQ linac obtained with SUPERFISH, left and lower left; TE<sub>210</sub> mode, 99.981 MHz, lower right; TE<sub>110</sub> mode, 97.608 MHz.

